

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

53

(11)Publication number : 2000-056219

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24  
G02B 13/22

(21)Application number : 10-239561

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 11.08.1998

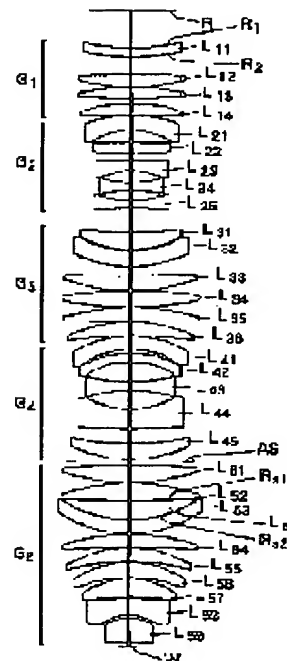
(72)Inventor : KIMURA YOKO

## (54) OPTICAL PROJECTION SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To secure a wide exposure area and a large aperture number, to provide a double side telecentric state and further to satisfactorily correct various aberrations by making the focal distance or the like of a lens group satisfy specified conditions.

**SOLUTION:** This system is composed of 1st, 3rd and 5th lens groups G1, G3 and G5 having positive refracting power and 2nd, and 4th lens groups G2 and G4 having negative refracting power. Then, a first lens L11 arranged on the most first face side in the 1st lens group G1 is formed into meniscus shape turning a concave face toward the side of a first face and the 5th lens group G5 is provided with at least one positive lens, gas lens La having negative refracting power and at least three positive lenses successively from the side of the first face. When Fa is defined as the focal distance of the gas lens La in the 5th lens group G5, Fi is defined as the focal distance of an i-th lens group Gi (i=1 to 5), and L is a distance on an optical axis from the first face to second face, the respective conditions of  $0.15 < -F_a/L < 0.60$ ,  $0.05 < F_1/L < 0.50$ ,  $0.01 < -F_2/L < 0.10$ ,  $0.20 < F_3/F_1 < 1.20$ ,  $0.10 < F_2/F_4 < 1.00$  and  $0.01 < F_5/L < 1.00$  are satisfied.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-56219

(P2000-56219A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000.2.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

2 H 0 8 7

13/22

13/22

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-239561

(22) 出願日 平成10年8月11日 (1998.8.11)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 木村 陽子

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100094329

弁理士 猪熊 克彦

Fターム (参考) 2H087 KA21 LA01 NA02 NA04 PA15

PA17 PB20 QA03 QA06 QA17

QA21 QA25 QA32 QA42 QA45

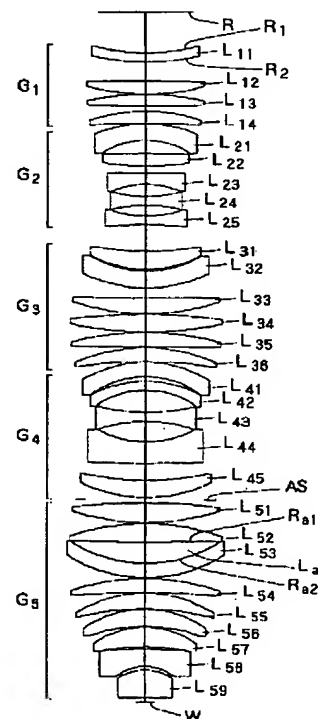
RA32 UA03 UA09

(54) 【発明の名称】 投影光学系

(57) 【要約】

【課題】 広い露光領域と大きな開口数とを確保し、両側テレセントリックとし、しかも諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系を提供する。

【解決手段】 第1面Rの像を第2面W上に投影する投影光学系において、第1面R側から順に、正、負、正、負、正の各屈折力を持つ第1～第5レンズ群G<sub>1</sub>～G<sub>5</sub>より構成され、第1レンズ群G<sub>1</sub>中の最も第1面側に配置された第1レンズL<sub>1</sub>は、第1面側に凹面を向けたメニスカス形状に形成され、第5レンズ群G<sub>5</sub>は、第1面側から順に、少なくとも1枚の正レンズと、負の屈折力を持つ気体レンズL<sub>a</sub>と、少なくとも3枚の正レンズとを含み、且つ、F<sub>a</sub>:第5レンズ中の気体レンズL<sub>a</sub>の焦点距離、L:第1面から第2面までの光軸上の距離とするとき、 $0.15 < -F_a/L < 0.60$ 、その他の各条件を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1面の像を第2面上に投影する投影光学系において、

前記第1面側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、負の屈折力を持つ第4レンズ群と、正の屈折力を持つ第5レンズ群より構成され、  
前記第1レンズ群中の最も前記第1面側に配置された第1レンズは、第1面側に凹面を向けたメニスカス形状に形成され、

前記第5レンズ群は、前記第1面側から順に、少なくとも1枚の正レンズと、負の屈折力を持つ気体レンズと、少なくとも3枚の正レンズとを含み、且つ、以下の条件を満足することを特徴とする投影光学系。

$$0.15 < -F_a/L < 0.60 \quad \cdots (1)$$

$$0.05 < F_1/L < 0.50 \quad \cdots (2)$$

$$0.01 < -F_2/L < 0.10 \quad \cdots (3)$$

$$0.20 < F_3/F_1 < 1.20 \quad \cdots (4)$$

$$0.10 < F_2/F_4 < 1.00 \quad \cdots (5)$$

$$0.1 < (R_{a1} - R_{a2}) / (R_{a1} + R_{a2}) < 1.0 \quad \cdots (8)$$

但し、 $R_{a1}$ ：第5レンズ群中の前記気体レンズの前記第1面側境界面の曲率半径

$R_{a2}$ ：第5レンズ群中の前記気体レンズの前記第2面側境界面の曲率半径である。

【請求項4】前記第2レンズ群は、最も前記第1面側と最も前記第2面側に共に負レンズを有し、該両負レンズの間に、前記第1面側から順に、正レンズと2枚の負レンズとを少なくとも有することを特徴とする請求項1、2又は3に記載の投影光学系。

【請求項5】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載の投影光学系。

$$0.125 < -\beta < 0.175 \quad \cdots (9)$$

但し、 $\beta$ ：投影光学系の投影倍率である。

【請求項6】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の投影光学系。

$$0.65 < NA \quad \cdots (10)$$

但し、 $NA$ ：投影光学系の像側最大開口数である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスク、レチクルなどの原版上に形成されたパターンの像を、ウェハ、ガラスプレートなどの基板上の感光面に投影して露光する投影露光装置に関し、特にこの投影露光装置に用いられる投影光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】集積回路のパターンの微細化が進むに従い、ウェハの焼付けに用いられる投影光学系に対し、要求される性能もますます厳しくなっている。このような状況の中で、投影光学系の解像力の向上については、露光波長入をより短くするか、あるいは投影光学系

$$0.01 < F_5/L < 1.00 \quad \cdots (6)$$

但し、 $F_a$ ：前記第5レンズ群中の前記気体レンズの焦点距離

$F_1$ ：前記第1レンズ群の焦点距離

$F_2$ ：前記第2レンズ群の焦点距離

$F_3$ ：前記第3レンズ群の焦点距離

$F_4$ ：前記第4レンズ群の焦点距離

$F_5$ ：前記第5レンズ群の焦点距離

$L$ ：前記第1面から第2面までの光軸上の距離である。

【請求項2】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

$$-1 < (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) < 0 \quad \cdots (7)$$

但し、 $R_1$ ：第1レンズ群中の前記第1レンズの前記第1面側レンズ面の曲率半径

$R_2$ ：第1レンズ群中の前記第1レンズの前記第2面側レンズ面の曲率半径である。

【請求項3】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の投影光学系。

の開口数( $NA$ )を大きくすることが考えられる。近年においては転写パターンの微細化に対応するために、露光用の光源は $g$ 線、 $i$ 線に代わって、 $Kr$ 、 $F$ エキシマレーザーなどが注目されている。一方では物体側、像側の両側テレセントリックな光学系が要求されており、例えば、特開平3-88317号公報や特開平4-157412号公報などに開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、両側テレセントリックな光学系でありながら、広い露光領域全体にわたって高解像力を得ることは、収差補正の観点から難しくなっている。そこで本発明は以上の問題点に鑑みてなされたものであり、広い露光領域と大きな開口数とを確保し、両側テレセントリックとし、しかも諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系を提供することを課題としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、第1面の像を第2面上に投影する投影光学系において、第1面側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、負の屈折力を持つ第4レンズ群と、正の屈折力を持つ第5レンズ群より構成され、第1レンズ群中の最も第1面側に配置された第1レンズは、第1面側に凹面を向けたメニスカス形状に形成され、第5レンズ群は、第1面側から順に、少なくとも1枚の正レンズと、負の屈折力を持つ気体レンズと、少なくとも3枚の正レンズとを含み、且つ、  
 $F_a$ ：第5レンズ中の前記気体レンズの焦点距離  
 $F_i$ ：第*i*レンズ群の焦点距離 ( $i = 1 \sim 5$ )

L: 第1面から第2面までの光軸上の距離とすると、

$$0.15 < -F_a/L < 0.60 \quad \cdots (1)$$

$$0.05 < F_1/L < 0.50 \quad \cdots (2)$$

$$0.01 < -F_2/L < 0.10 \quad \cdots (3)$$

$$0.20 < F_3/F_1 < 1.20 \quad \cdots (4)$$

$$0.10 < F_2/F_4 < 1.00 \quad \cdots (5)$$

$$0.01 < F_5/L < 1.00 \quad \cdots (6)$$

なる各条件を満足することを特徴とする投影光学系を提供する。

【0005】 先ず、本発明のレンズ構成について説明する。正の屈折力を持つ第1レンズ群は、テレセントリック性の維持と歪曲収差の補正に寄与している。負の屈折力を持つ第2レンズ群と第4レンズ群は、主にベッツバル和の補正に寄与し、像面を平坦にしている。第2レンズ群と第3レンズ群は、それぞれ負の屈折力と正の屈折力を持つことにより、逆望遠系の構成となっている。正の屈折力を持つ第5レンズ群は、開口数に寄与している。

【0006】 第1レンズ群中の第1レンズは、第1面側に凹面を向けたメニスカス形状とすることで、光軸と平行でない斜光線のうち、拡散光線に対して逆らわずに光線を通すことが可能になるため、高次収差が発生しにくい。また像側開口数が大きくなると、第5レンズ群のレンズ径が大きくなり、正レンズによる高次の収差が発生する。そこでこの高次の収差の補正を行うために、強い負の屈折力を持つ気体レンズを第5レンズ中に配置している。

【0007】 次に、前記各条件式について説明する。条件式(1)は、第5レンズ群中の強い負の屈折力を持つ気体レンズのパワー範囲を規定するものである。条件式(1)の下限を超えると、負の屈折力が強くなりすぎて、偏芯等、製造誤差に厳しいレンズとなる。逆に条件式(1)の上限を超えると、負の屈折力が弱まり、第5レンズ群の正レンズで発生する高次収差の補正が不十分となる。条件式(2)は、第1レンズ群の適性なパワー範囲を規定するものである。条件式(2)の下限を超えると、高次の歪曲収差が発生する原因となる。逆に条件式(2)の上限を超えると、第2、第4レンズ群で発生する負の歪曲収差を第1レンズ群で補正しきれなくな

$$-1 < (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) < 0 \quad \cdots (7)$$

$$0.1 < (R_{a1} - R_{a2}) / (R_{a1} + R_{a2}) < 1.0 \quad \cdots (8)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0011】 条件式(7)は、第1レンズ群中の第1レンズの形状因子の適正な範囲を規定するものである。条件式(7)の上限を越えると、第1レンズの第2面側レンズ面 $R_2$ での屈折作用が、第1面側レンズ面 $R_1$ での屈折作用に比して相対的に大きくなるために、歪曲収差を良好に補正することができない。逆に条件式(7)の下限を越えると、斜光線のうちの拡散光線に対してレンズ面が逆らうことになるので、高次収差が発生しやすくな

る。

【0008】 条件式(3)は、第2レンズ群の適性なパワー範囲を規定するものである。条件式(3)の下限を超えると、負の歪曲収差が大きく発生し、補正が困難となる。逆に条件式(3)の上限を超えると、ベッツバル和の補正量が不足し、像面が平坦にならない。条件式(4)は、第1レンズ群と第3レンズ群の焦点距離の最適な屈折力配分を規定するものである。条件式(4)の下限を超えると、第1レンズ群の屈折力が第3レンズ群の屈折力に対して、相対的に弱くなるため、負の歪曲収差が大きく発生する。逆に条件式(4)の上限を超えると、第3レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対して、相対的に弱くなるため、同様に負の歪曲収差が大きく発生する。

【0009】 条件式(5)は、第2レンズ群と第4レンズ群の焦点距離の最適な屈折力配分を規定するものであり、主にベッツバル和を小さくして、広い露光フィールドを確保しながら、像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件式(5)の下限を超えると、第4レンズ群の屈折力が第2レンズ群の屈折力に対して、相対的に弱くなるため、正のベッツバル和が大きく発生する。逆に条件式(5)の上限を超えると、第2レンズ群の屈折力が第4レンズ群の屈折力に対して、相対的に弱くなるため、同様に正のベッツバル和が大きく発生する。条件式(6)は、第5レンズ群の適性なパワー範囲を規定するものである。条件式(6)の下限を超えると、高次の球面収差及び、高次のコマ収差が発生する。逆に条件式(6)の上限を超えると、レンズ径の拡大、レンズ系の長大化を招く。

【0010】 次に、本発明においては、

$R_1$ : 第1レンズ群中の第1レンズの第1面側レンズ面の曲率半径

$R_2$ : 第1レンズ群中の第1レンズの第2面側レンズ面の曲率半径

$R_{a1}$ : 第5レンズ群中の気体レンズの第1面側境界面の曲率半径

$R_{a2}$ : 第5レンズ群中の気体レンズの第2面側境界面の曲率半径とすると、

る。

【0012】 条件式(8)は、第5レンズ群中の気体レンズの形状因子の適正な範囲を規定するものである。条件式(8)の上限を越えると、特に気体レンズの第2面側境界面 $R_{a2}$ に要求される公差が厳しくなり、製造に適さない。逆に条件式(8)の下限を越えると、気体レンズの負のパワーが弱くなり、高次収差の補正不足となる。なお、気体レンズの第1面側境界面 $R_{a1}$ とは、当該気体レンズの第1面側に隣接するレンズ素子の第2面側

レンズ面に対応しており、気体レンズの第2面側境界面 $R_{a2}$ とは、当該気体レンズの第2面側に隣接するレンズ素子の第1面側レンズ面に対応している。

【0013】次に、本発明における第2レンズ群は、最も第1面側と最も第2面側に共に負レンズを有し、該両負レンズの間に、第1面側から順に、正レンズと2枚の負レンズとを少なくとも有することが好ましい。最も第1面側に配置される負レンズと、最も第2面側に配置される負レンズは、像面湾曲とコマ収差の補正に寄与する。これらの両負レンズの間に配置される中間レンズ群のうち、第2面側に配置される2枚の負レンズは、像面湾曲の補正に寄与し、第1面側に配置される正レンズは、第2面側に配置される2枚の負レンズで発生する歪曲収差の補正に寄与する。

【0014】次に、本発明においては、

$\beta$ ：投影光学系の投影倍率

NA：投影光学系の像側最大開口数とするとき、

$$0.125 < -\beta < 0.175 \quad \cdots (9)$$

$$0.65 < NA \quad \cdots (10)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0015】条件式(9)は、投影光学系の投影倍率の適正な範囲を規定したものである。条件式(9)の下限を超えると、第2面上の露光領域に対して第1面上の領域が大きいため、歪曲収差の補正が困難であることや、第1面となるマスクの製造も困難となることから好ましくない。逆に条件式(9)の上限を超えると、開口数を大きくしたときベッツバル和の補正が困難である。また、本発明は上記の構成によって、十分に大きな開口数を持つ場合でも、諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系を提供するものである。従って、本発明の効果を十分に発揮するためには、条件式(10)を満たすことが望ましい。

【0016】また、本発明は、マスク上に形成された回路パターンの像を感光性基板上へ投影露光する投影露光装置であって、第1面に位置したマスクを照明する照明光学系と、上記本発明にかかる投影光学系とを備え、該投影光学系により第2面に位置決めされた感光性基板へ前記マスク上の前記回路パターンを転写することの特徴とする。また、本発明は、マスク上に形成された回路パターンを感光性基板上へ投影露光する投影露光方法であって、第1面に位置したマスクを照明し、上記投影露光装置により第2面に位置決めされた感光性基板上へ前記マスク上の前記回路パターンを転写することの特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は本発明による投影光学系を搭載した投影露光装置の一例を示す。レチクルRはレチクルステージRS上に載置されており、ウエハWはウエハステージWS上に載置されている。レチクルRの下面(第1

面、パターン面)には、ウエハWの上面(第2面、感光面)に転写しようとするパターンが描かれており、レチクルRのパターン面のうち、矩形の照明領域IFは、照明光学系ISによって均一に照明されている。照明光学系ISの内部に配置される光源としては、例えばKrFエキシマレーザー(中心波長248.4nm)を用いることができる。

【0018】照明領域IFを通過した光は、投影光学系PLを通過して、ウエハWの感光面のうちの露光領域EFに、照明領域IF内のパターンの像を結像する。投影光学系の内部には、開口絞りASが設けられている。レチクルRとウエハWとは、照明領域IF及び露光領域EFの短辺方向に、投影光学系PLの投影倍率に対応した速度比にて、互いに同期して走査するように構成されており、こうして照明領域IF及び露光領域EFを短辺方向に拡大した範囲のパターンの像が、ウエハWの感光面に転写される。なお、図1では走査型の露光装置を示したが、本発明による投影光学系は、一括露光型の露光装置に適用することもできる。

【0019】次に、本発明による投影光学系の第1実施例を図2に示す。この投影光学系は、レチクルR側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群 $G_1$ 、負の屈折力を持つ第2レンズ群 $G_2$ 、正の屈折力を持つ第3レンズ群 $G_3$ 、負の屈折力を持つ第4レンズ群 $G_4$ 、及び正の屈折力を持つ第5レンズ群 $G_5$ より構成されている。開口絞りASは、第4レンズ群 $G_4$ と第5レンズ群 $G_5$ との間の光路中に配置されている。

【0020】第1レンズ群 $G_1$ は、レチクルR側から順に、レチクルR側に凹面を向けた負メニスカスレンズ $L_{11}$ と、2枚の両凸レンズ $L_{12}$ 、 $L_{13}$ と、レチクルR側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L_{14}$ とから構成されている。第2レンズ群 $G_2$ は、レチクルR側から順に、レチクルR側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L_{21}$ と、中間レンズ群 $L_{22}$ 、 $L_{23}$ 、 $L_{24}$ と、両凹レンズ $L_{25}$ とから構成され、このうち、中間レンズ群 $L_{22}$ 、 $L_{23}$ 、 $L_{24}$ は、両凸レンズ $L_{22}$ と、レチクルR側に平面を向けた平凹レンズ $L_{23}$ と、両凹レンズ $L_{24}$ とから構成されている。

【0021】第3レンズ群 $G_3$ は、レチクルR側から順に、レチクルR側に凹面を向けた正メニスカスレンズ $L_{31}$ と、レチクルR側に凹面を向けた負メニスカスレンズ $L_{32}$ と、レチクルR側に凹面を向けた正メニスカスレンズ $L_{33}$ と、2枚の両凸レンズ $L_{34}$ 、 $L_{35}$ と、レチクルR側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L_{36}$ とから構成されている。第4レンズ群 $G_4$ は、レチクルR側から順に、レチクルR側に凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズ $L_{41}$ 、 $L_{42}$ と、両凹レンズ $L_{43}$ と、レチクルR側に凹面を向けた負メニスカスレンズ $L_{44}$ と、レチクルR側に凹面を向けた正メニスカスレンズ $L_{45}$ とから構成されている。

【0022】第5レンズ群G<sub>5</sub>は、レチクルR側から順に、2枚の両凸レンズL<sub>51</sub>、L<sub>52</sub>と、レチクルR側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>53</sub>と、レチクルR側に凸面を向けた4枚の正メニスカスレンズL<sub>54</sub>、L<sub>55</sub>、L<sub>56</sub>、L<sub>57</sub>と、レチクルR側に凸面を向けた負メニスカスレンズL<sub>58</sub>と、レチクルR側に凸面を向けた正メニスカスレンズL<sub>59</sub>とから構成されている。レンズL<sub>52</sub>のウエハ側レンズ面R<sub>a1</sub>と、レンズL<sub>53</sub>のレチクル側レンズ面R<sub>a2</sub>とが作る気体レンズL<sub>a</sub>が、請求項1にいう気体レンズに該当する。本実施例では投影光学系を空气中に配置しており、したがって気体レンズL<sub>a</sub>の気体とは空気である。但し投影光学系を、窒素ガス、あるいはヘリウムガス雰囲気内に配置することもできる。

【0023】以下の表1に、第1実施例の諸元を示す。表1の「[レンズ諸元]」中、第1欄NoはレチクルR側からの各レンズ面の番号、第2欄rは各レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離、第4欄は各レンズ面から次のレンズ面までを満たすレンズの番号（空欄は空気）を表わす。すべてのレンズの硝材は合成石英（SiO<sub>2</sub>）であり、使用波長（248.4nm）での合成石英の屈折率は1.50839である。また表1の「[条件式対応値]」に、前記各条件式（1）～（10）中のパラメータの値を示す。また、図3に第1実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示し、図4に横収差を示す。各収差図において、Yは像高を表わす。また非点収差図において、点線Mはメリジオナル像面を表わし、実線Sはサジタル像面を表わす。

#### 【0024】

【表1】 [レンズ諸元]

No	r	d	
0	∞	77.00745	R
1	-316.80536	17.00000	L <sub>11</sub>
2	-381.58931	36.53146	
3	3046.36500	24.38928	L <sub>12</sub>
4	-356.62054	1.00015	
5	444.02169	21.95754	L <sub>13</sub>
6	-2230.97622	9.38030	
7	268.33737	23.05503	L <sub>14</sub>
8	1568.47000	1.10722	
9	222.71138	29.96081	L <sub>21</sub>
10	124.08876	25.43125	
11	1905.46000	24.41063	L <sub>22</sub>
12	-402.40299	12.58297	
13	∞	21.47486	L <sub>23</sub>
14	135.53488	22.62764	
15	-206.60118	17.27131	L <sub>24</sub>
16	288.93481	19.45092	
17	-162.59450	17.00000	L <sub>25</sub>
18	694.79853	49.39836	

19	-482.98411	34.08137	L <sub>31</sub>
20	-179.50957	3.50123	
21	-167.16306	31.34764	L <sub>32</sub>
22	-224.82955	19.07136	
23	-7284.38447	30.00946	L <sub>33</sub>
24	-350.63077	1.00000	
25	880.58158	33.42018	L <sub>34</sub>
26	-541.42526	1.00000	
27	460.09165	27.86214	L <sub>35</sub>
28	-4951.72173	1.00000	
29	272.88427	26.68882	L <sub>36</sub>
30	749.44712	1.00000	
31	193.76569	27.17713	L <sub>41</sub>
32	147.08315	8.63376	
33	180.52612	17.00000	L <sub>42</sub>
34	139.06226	41.31457	
35	-320.44898	17.00000	L <sub>43</sub>
36	230.36897	38.38837	
37	-161.01657	40.62542	L <sub>44</sub>
38	-2160.00691	32.22632	
39	-448.39100	32.14411	L <sub>45</sub>
40	-229.68284	9.53811	
41	932.22312	37.92112	L <sub>51</sub>
42	-363.67598	1.00000	
43	357.06212	35.91263	L <sub>52</sub>
44	-2283.02262	39.41909	L <sub>a</sub>
45	-215.10777	26.94599	L <sub>53</sub>
46	-229.41098	1.00000	
47	352.84674	27.32902	L <sub>54</sub>
48	1741.37200	1.00000	
49	203.79443	29.25044	L <sub>55</sub>
50	415.84748	1.00000	
51	167.78826	32.53758	L <sub>56</sub>
52	256.92826	2.25953	
53	142.58880	35.71130	L <sub>57</sub>
54	425.70015	3.90128	
55	693.88979	33.01706	L <sub>58</sub>
56	70.74079	6.63440	
57	73.44708	51.00000	L <sub>59</sub>
58	576.75639	9.10000	
59	∞		W

#### [条件式対応値]

- (1)  $-F_a/L = 0.363$   
 (2)  $F_1/L = 0.178$   
 (3)  $-F_2/L = 0.055$   
 (4)  $F_3/F_1 = 0.707$   
 (5)  $F_2/F_4 = 0.453$   
 (6)  $F_5/L = 0.108$   
 (7)  $(R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) = -0.09$   
 (8)  $(R_{a1} - R_{a2}) / (R_{a1} + R_{a2}) = 0.83$

$$(9) -\beta = 0.166667$$

$$(10) NA = 0.75$$

【0025】次に、本発明による投影光学系の第2実施例を図5に示す。第1実施例との主な相違点は、第2レンズ群G<sub>2</sub>中の第3レンズL<sub>23</sub>として、レチクルR側に凸面を向けた負メニスカスレンズを用いている点である。以下の表2に、第2実施例の諸元を示す。すべてのレンズの硝材は合成石英である。また、図6と図7に、第2実施例の諸収差を示す。

【0026】

【表2】 [レンズ諸元]

No	r	d	
0	$\infty$	78.23734	R
1	-295.02398	18.65913	L <sub>11</sub>
2	-339.70169	18.78306	
3	1902.43800	31.66040	L <sub>12</sub>
4	-386.03194	1.00000	
5	509.48811	21.68228	L <sub>13</sub>
6	-1716.82192	24.05935	
7	264.88773	22.25831	L <sub>14</sub>
8	1585.93900	1.00000	
9	222.88095	31.27746	L <sub>21</sub>
10	124.56316	23.52783	
11	5274.77300	17.00000	L <sub>22</sub>
12	-406.77195	9.22042	
13	718.99932	17.00000	L <sub>23</sub>
14	130.82070	23.06963	
15	-230.90149	17.00000	L <sub>24</sub>
16	238.50269	21.64052	
17	-151.59484	17.00000	L <sub>25</sub>
18	691.45622	53.50952	
19	-461.72949	26.30175	L <sub>31</sub>
20	-181.84843	6.84291	
21	-167.76720	37.43995	L <sub>32</sub>
22	-222.89582	6.19021	
23	-20925.48300	31.16960	L <sub>33</sub>
24	-357.46555	1.00000	
25	886.88076	35.07895	L <sub>34</sub>
26	-528.14034	2.02470	
27	467.57208	29.76829	L <sub>35</sub>
28	-3319.59280	1.22262	
29	287.62594	26.86792	L <sub>36</sub>
30	776.67247	1.04656	
31	199.22350	27.01724	L <sub>41</sub>
32	148.50679	8.97653	
33	181.29005	17.07684	L <sub>42</sub>
34	141.09285	44.69184	
35	-298.13551	18.25238	L <sub>43</sub>
36	241.07750	41.31837	
37	-159.04218	19.56917	L <sub>44</sub>

38	-1958.51696	40.58229	
39	-458.26817	39.91078	L <sub>45</sub>
40	-228.61420	4.90638	
41	1002.12100	41.29882	L <sub>51</sub>
42	-355.74301	1.81023	
43	376.20172	38.80660	L <sub>52</sub>
44	-1741.59380	39.34498	L <sub>a</sub>
45	-229.55352	23.49562	L <sub>53</sub>
46	-245.59481	6.27857	
47	332.84477	29.05800	L <sub>54</sub>
48	1312.39000	1.00000	
49	209.53264	32.23036	L <sub>55</sub>
50	441.15600	1.00000	
51	166.20758	26.70892	L <sub>56</sub>
52	264.61333	1.00000	
53	140.16664	32.87764	L <sub>57</sub>
54	386.58728	5.46153	
55	589.67814	37.19986	L <sub>58</sub>
56	68.01888	9.20086	
57	71.46029	48.85476	L <sub>59</sub>
58	544.73952	9.53274	
59	$\infty$		W

[条件式対応値]

$$(1) -F_a/L = 0.405$$

$$(2) F_1/L = 0.182$$

$$(3) -F_2/L = 0.056$$

$$(4) F_3/F_1 = 0.694$$

$$(5) F_2/F_4 = 0.462$$

$$(6) F_5/L = 0.111$$

$$(7) (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) = -0.07$$

$$(8) (R_{a1} - R_{a2}) / (R_{a1} + R_{a2}) = 0.77$$

$$(9) -\beta = 0.166667$$

$$(10) NA = 0.75$$

【0027】収差図からも明らかなように、第1実施例、第2実施例とも、所要のレンズ構成と前記各条件式(1)～(10)を満たすことにより、優れた結像性能をもつことがわかる。なお、第1実施例、第2実施例では、248.4nmの光を光源として用いた例を示したが、他の波長の光を光源として用いることもできる。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明により、広い露光領域と大きな開口数とを確保しつつ両側テレセントリックとし、しかも諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系が提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】露光装置の一例を示す概略斜視図

【図2】本発明による投影光学系の第1実施例を示す断面図

【図3】第1実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図

【図 4】第 1 実施例の横収差を示す図

【図 5】本発明による投影光学系の第 2 実施例を示す断面図

【図 6】第 2 実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図

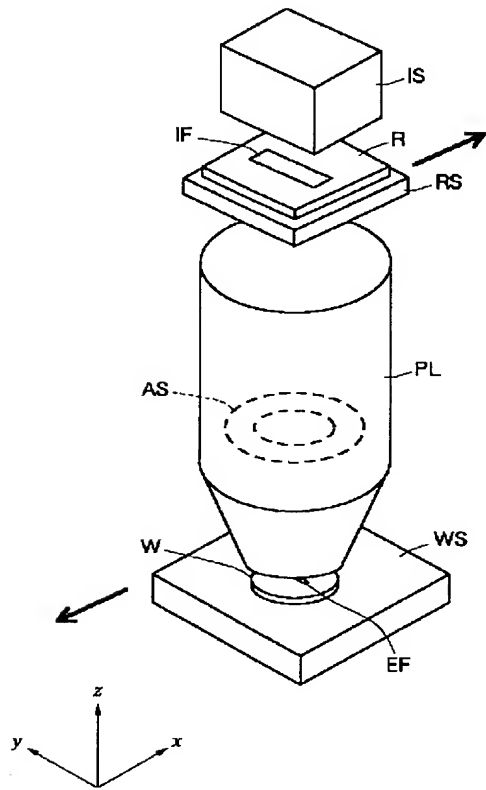
【図 7】第 2 実施例の横収差を示す図

【符号の説明】

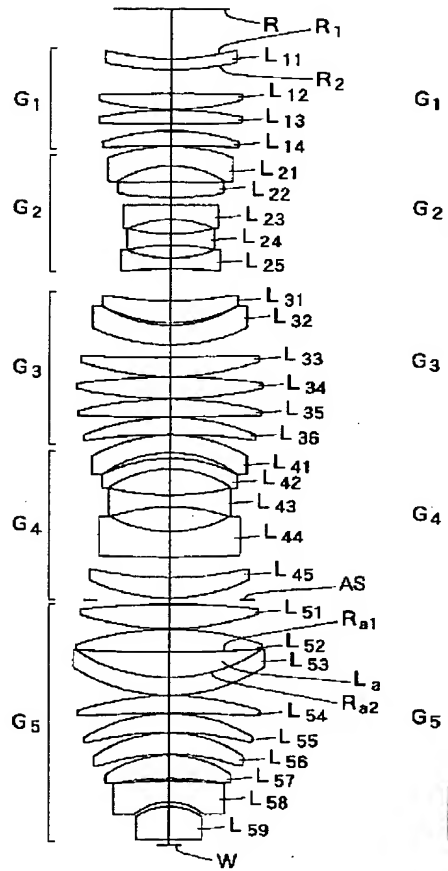
R…レチクル  
I F…照明領域  
R S…レチクルステージ  
I S…照明光学系  
G<sub>1</sub>~G<sub>5</sub>…レンズ群  
L<sub>11</sub>~L<sub>59</sub>…レンズ

W…ウエハ  
E F…露光領域  
W S…ウエハステー  
P L…投影光学系  
A S…開口絞り  
L<sub>a</sub>…気体レンズ

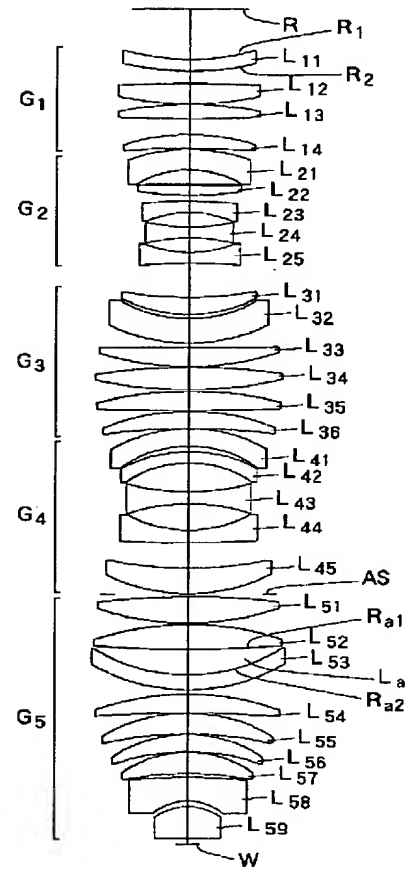
【図 1】



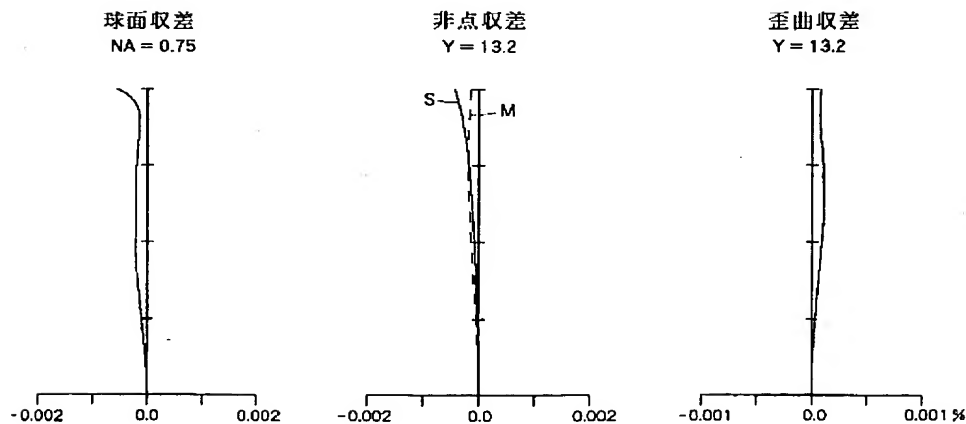
【図 2】



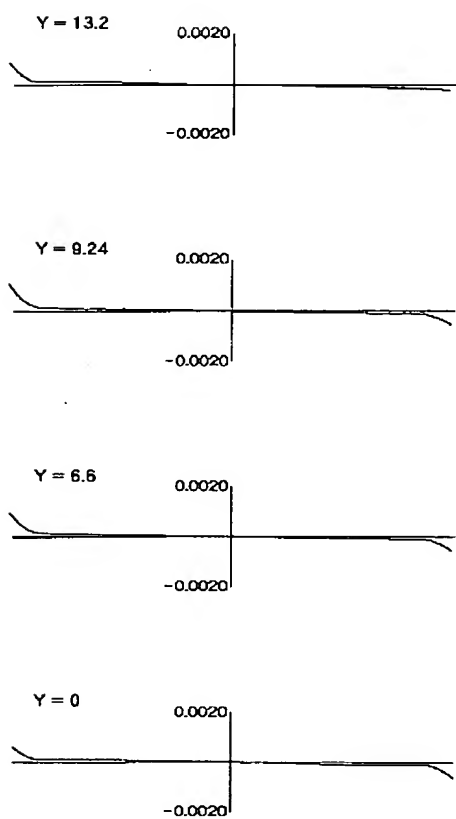
【図 5】



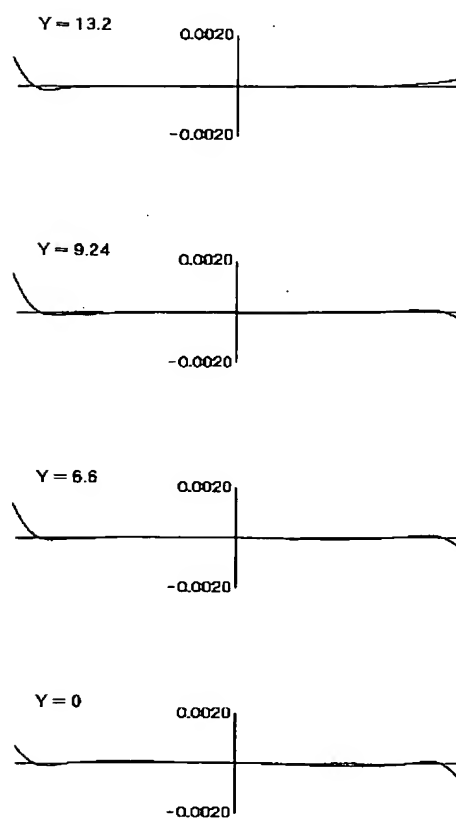
【図 3】



【図4】



【図7】



【図6】

